

大豆硼素缺乏病研究

吴 明 才

(中国农业科学院油料作物研究所)

摘 要

经研究发现：长江，黄淮流域平原产区大豆缺硼，多属于生理潜在缺硼，叶部一般不表现症状。植株个体发育瘦弱，单产低，大豆缺硼与土壤水份、pH等有关。缺硼严重的器官，供硼后常不能逆转，仅分生组织可继续生长。病株根际土水溶硼和病叶全硼含量，分别低于0.5—0.8ppM；50ppM，介质含硼量高低，与产量呈正相关。大豆缺硼引起异化作用增强，与呼吸作用有关的酶活性增强。固氮酶、硝酸还原酶活性下降，氮代谢受阻，是大豆缺硼减产的重要原因之一。

硼对植物光合作用、核酸、糖代谢等方面作用^[1]，硼的有效性土壤环境关系，硼对大豆产量、蛋白质、脂肪及脂肪酸的影响国外已有研究^[3, 4]。我国对油菜、棉花缺硼有系统报导^[2]，土壤硼素缺乏对大豆呼吸作用，固氮酶、硝酸还原酶等的影响，大豆缺硼罹病生理等，国内外尚未报导。为此，1982年以来对其进行了研究，试图为其应用提供理论依据。

一、材 料 和 方 法

供试大豆品种：矮脚早、武昌六月爆、鄂豆2号、1138—2等。种子粒选后，布于消毒过的水份适度的锯屑中，胚根长至5—6厘米时，移入容积为2500毫升有螺纹盖的聚丙烯塑料钵中，每钵留苗二株，5—10次重复。水培液为稍加改进的荷氏溶液。每钵加二滴大豆根瘤菌液，于大豆各生育期末，分部位取样。取1—2重复的顶部第三（四）叶进行生理测定，测定方法：光合强度、呼吸强度用气流法， β -淀粉酶活性用二硝基水杨酸还原法、抗坏血酸氧化酶、多酚氧化酶活性用МИХЛИН法，固氮酶活性用气相色谱法，硝酸还原酶活性用磺胺—甲萘基盐酸盐法，硼用姜黄素法，钙、镁用EDTA法，脂肪用索氏法，蛋白质用凯氏半微量定氮法，氨基酸用835型氨基酸仪测定。

所内外多点田间试验，设小区重复或大区对比。主要处理是：亩基施硼砂250克，亩喷硼砂50克，每7—10天一次，计三次，以及氮、氮磷、硫配合施用。

二、结果和讨论

(一) 大豆缺硼症状与危害

大豆缺硼症兆，一般始发于花前，盛发于花期，症状先在新叶上出现，局部失绿，以后黄绿相间扩展，呈明显的“花叶状”。不供硼水培大豆，只能长3—4片复叶，叶色上淡下浓，厚、脆，向上（下）反张，个别呈筒状，顶芽，腋芽枯死，后期上部叶呈木槿叶状，或皱缩，或扭曲，大豆发育受阻，有时停滞于蕾期，即所谓“蕾而不实”。缺硼轻者，迟熟，角果肿大，中间下陷呈哑铃状，田间缺硼植株，大多能成荚。但荚少，为多一粒荚，很少有二粒荚，百粒重减轻，节间变褐色，以后纵裂，裂口色亦褐，特别是1138—2品种，其上部叶柄基部亦有深纵裂。大豆品种不同，对缺硼的敏感度不尽相同。一般个体繁茂，生育期长的品种比较敏感，易罹病。反之，株型小，生育期短的品种则不易出现明显叶部症状，对产量影响较小，农家品种较新育成的丰产性，品种，一般不易罹病，如鄂豆一号较鄂豆二号易罹病，蒙庆六号较猴子毛易罹病。在症状表现上，品种，生态条件不同，缺硼症状有差异。

大豆缺硼对产量影响，因年份而异，少则减产一成，重则绝收，如1979年，湖北省钟祥县大柴湖公社大同二大队三队，种夏大豆1138—2，140亩受其害，收获时亩产5斤。同年，湖北沔东、中洲等农场，种植同一品种，缺硼重，大豆成熟不一致，易炸荚。加之用大型收割机收获，产量锐减，1978年安徽阜阳地区，因受其影响，产量未达百斤。总之，该生理病害多发生于早年。

大豆缺硼，限制了大豆的生长，株高比正常植株低24.6—74.6%，总荚数减少43.5—71.8%，总粒数减少58.8—69.0%（表1）。从表1还可看出：大豆种子脂肪含量比正常低3.3—9.5%；对人畜影响最大的赖氨酸、蛋氨酸分别下降约6%。试验分析表明：缺

表 1 硼对大豆产量构成因子和生化品质的影响
Table1 Effect of boron on soybean yield and biochemical quality

处 理 Treatments	株 高 Height (cm)	单株荚数 No. of pods per plant	单株粒数 No. of seeds per plant	单株产量 weight of seed per plant (g)	脂肪 (%) % content of oil	蛋氨酸 (%) % of Methio- nine	赖氨酸 (%) % of Lysine	色氨酸 (%) % of Tryptophan
严重缺硼 Heavy boron deficiency	31.6	5.5	10.0	0.11	19.9	—	—	—
潜在缺硼 Latent boron deficiency	94.0	11.0	13.3	1.60	21.1	0.29	2.03	2.35
正常供硼 Normal boron Apply	124.7	19.5	32.3	4.01	21.3	0.31	2.17	2.31

硼大豆种子蛋白质下降7.3%。用低于0.5%硼砂溶液拌种，大豆蛋白质可增高5.2—6.9%。

(二) 大豆缺硼地域及发病环境

华北、长江中下游平原大豆产区，土壤常含较丰富的钾、钙、镁，pH 多呈碱性，水溶性硼平均约0.4ppM，低于 0.5（或0.8）pp M硼临界值面积 约占 70 %以上。土壤中钾、钙、镁、高 pH 值，可降低硼有效性。母质是火成岩的黄梅县酸性土，土壤水溶性硼仅0.06ppM，因钙、镁含量低，生长期短的泰兴黑豆，一般不出现缺硼症状。但施硼效果明显，增产 24.4—55.9 %，也说明泰兴黑豆处于潜在缺硼（表 2）。此外，氮能诱发大豆缺硼。试验表明：土壤中全氮含量为 0.146 %，亩施硫酸 15 斤，易出现硼素缺乏症，种子褐斑率增加，为31 %，比不施氮肥处理的褐斑率24 %，高 7 %。土壤水份不足，降

表 2 土壤养份状况与大豆缺硼病株率关系

Table 2. Relation of rate of diseased plant of soybean with boron deficiency and soil nutrient condition

地 点 Locaiity	土壤 pH Soil pH	Cao (%)	Mgo (%)	水溶硼 (ppM) Hot water soluble B (ppM)	缺硼病株 (%) Plant of boron deficiency (%)	
					六 月 爆 Liu yue bao	矮 脚 早 Ai Jiao zao
钟 祥 县 Zhong xiang county	8.23	2.66	4.89	0.43	—	—
东 西 湖 Dong xi hu	7.64	1.26	5.39	0.31	—	—
油 料 所 You liao suo	8.05	4.77	2.52	0.23	37.7	26.0
湖 南 Hu nan	8.18	2.38	6.09	0.63	—	—
随 县 Sui county	—	6.17	2.82	0.50	—	—
灌 云 县 Guan yu county	—	10.02	3.78	0.49	—	—
黄 梅 县 Huang mei county	6.05	0.21	0.10	0.06	—	—
武 昌 县 Wu chang county	6.25	0.35	0.50	0.11	4.0	0.9

低硼释放和向根系扩散速度，华北、长江中下游平原夏大豆花荚期，气温高，旱情时有发生，加之土壤有效硼含量低，是该地区大豆花期常出现缺硼病的重要原因之一。

硼以硼酸根的形态为植物吸收，因其半径大，吸收、运转均困难，对于需硼量较大的大豆，则需土壤有效硼较高的环境，以满足要求，否则会发生硼饥饿。

水培试验表明：在水份供应充足的条件下，大豆能在 0.02ppM硼介质中较正常生育，远低于大田条件下缺硼临界值 0.5ppM。个别需硼量高品种，缺硼临界值为 0.8ppM。

(三) 大豆缺硼的病理理

研究表明：大豆缺硼单位光合强度，叶绿素含量并未减少（表 3）。但缺硼导致大

表 3 硼对大豆光合、呼吸作用的影响
Table 3. Effect of boron on soybean photosynthesis and respiration

处 理 Treatments	光 合 强 度 Photosynthetic rate (CO ₂ mg/g·dry weight/hour)	呼 吸 强 度 Respiration rate (CO ₂ mg/g·dry weight/hour)	叶 绿 素 含 量 Chlorophyll content (% of green weight)
严重 缺 硼 Heavy boron deficiency	29.4	74.14	0.40
潜 在 缺 硼 Latent boron deficiency	27.6	75.29	0.32
正 常 供 硼 Normal boron supply	24.0	29.09	0.34

豆生长滞缓，节数、叶数明显减少，单株光合强度仍低于正常植株37%左右。从表 3 还可看出：严重缺硼，潜在缺硼时，大豆呼吸强度比正常植株高约1.5倍。干物质明显减少[13]，如图 1。如不供硼处理，即严重缺硼株，分枝期、花期、鼓粒期、成熟期的干重，分别为正常供硼株的45.9%、25.7%、11.6%，33.0%，尤其是缺硼严重处理种子重量，只为正常种子干重的 3.9%，表明严重缺硼时，异化增强，消耗同化产物加剧，

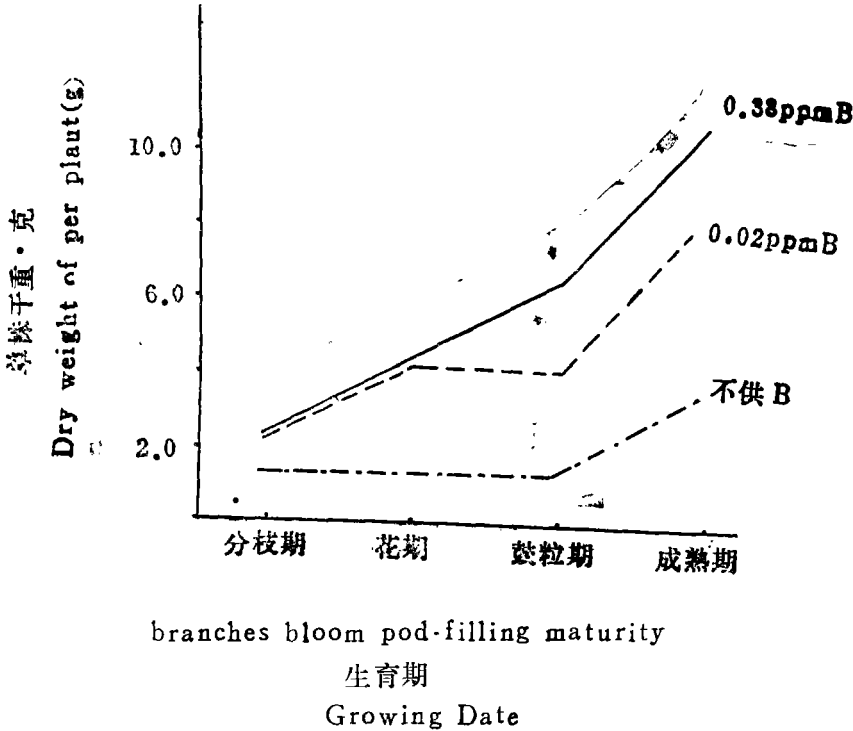


图 1 硼对大豆干重的影响

Fig 1. The effect of boron to dry weight

致使种子干物质下降。
试验还表明：大豆缺硼呼吸作用增强的同时，大豆体内生理生化反应呈相应变化。

如缺硼功能叶中琥珀酸脱氢酶、抗坏血酸氧化酶活性，与呼吸作用增强同步（表4），如缺硼功能叶呼吸增强时，琥珀酸脱氢酶活性相应比正常株高7.4—155.0%。抗坏血酸氧化酶活性则比正常株高110.0%—138.0%。表明缺硼时脱氢，电子传递过程随呼吸增强而加强。

表 4 不同硼浓度处理大豆功能叶中酶活性比较
Table 4 Comparison of enzymes active on different boron concentration

处 理 Treatments	琥珀酸脱氢酶 Activity of succinic dehydrogenase (TTC ppm/g · fresh weight · hour)	抗坏血酸氧化酶 Activity of ascorbic acidoxidase (ascorbate mg/g · fresh weight · hour)	多酚氧化酶 Activity of polyphenol oxidase (ascorbate mg/g · fresh weight · hour)
严重缺硼 Heavy boron deficiency	8.6	0.021	0.037
潜在缺硼 Latent boron deficiency	20.4	0.148	—
正常供硼 Normal boron supply	8.0	0.010	0.086

大豆功能叶 β -淀粉酶活性测定表明：严重缺硼时，其酶活性为2.8毫克麦芽糖/克·鲜重/5分钟，而供硼正常株则近于零。由此看出：大豆缺硼时， β -淀粉酶催化淀粉分子沿 α （1—4）糖苷键的顺序水解，形成丰富的呼吸基质，以适应呼吸作用增强。

表 5 硼对大豆固氮酶等活性影响
Table 5 The effect of boron concentration on soybean nitrogenase et.

处 理 Teartments	固 氮 酶 Activity of nitrogenase (C_2H_4 ppm/per plant · hour)	硝酸还原酶 Activity of nitrate reductase (NO_3^- ppm/g · fresh weight · hour)	亚硝酸还原酶 Activity of nitrousacid reductase (NO_2^- ppm/g · fresh weight · hour)
严重缺硼 Heavy boron deficiency	54.7	—	—
潜在缺硼 Latent boron deficiency	2090.0	3.0	87.5
正常供硼 Normal boron supply	12590.1	15.0	68.8

固氮酶活性随介质硼浓度增加而加强。硝酸还原酶，亚硝酸还原酶活性亦具有相同趋势。如缺硼处理硝酸还原酶活性比正常株约低5倍；亚硝酸还原酶活性在缺硼条件下亦低，表现为添加的亚硝酸盐底物被还原的少（表5）。缺硼引起固氮酶、硝酸还原酶等活性下降，削弱了根瘤菌对空气中游离氮的固定能力，以及降低了根系吸收的硝态氮还原成氨态氮的水平，因而大豆缺硼时，种子蛋白质含重下降，产量降低。

(四) 大豆硼素代谢

大豆吸硼特点是花前少, 随着生育进程的推移, 花期吸收增多。以正常供硼处理为例, 分枝期单株吸硼量, 占全生育期吸硼总量的5.9%, 开花期占6.2%, 结荚、鼓粒期占54.8%, 成熟期吸收量占33.0%, 其吸硼速率是: 分枝期每株日吸硼1.1微克, 花期为3.2微克, 结荚鼓粒期为8.8微克, 成熟期为18.7微克。

硼在大豆各器官中分布, 硼主要分布代谢旺盛部分。营养器官中, 以叶居首位, 其次是根、茎^[13] (图2)。

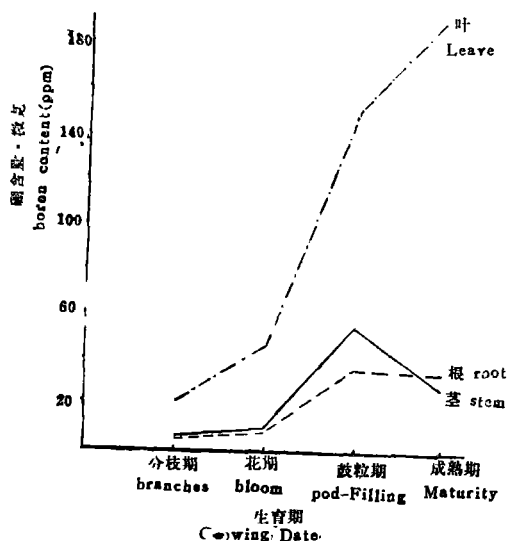


图2 硼在大豆各器官中的分布

Fig 2 Distribution of boron in soybean organ

硼在大豆体内再利用率低, 据测定: 成熟前, 大豆根、茎中硼, 分别只有5%, 47%移至种子等器官中, 叶中硼总量则未见明显变化, 表明硼极难从叶中运转至代谢旺盛种子中。

(五) 施硼对大豆产量等的影响

据硼易受环境条件影响, 且前期被吸收少, 所以硼作基肥, 会降低其有效性。试验证明: 使用更少量的硼喷施, 如花期喷洒三次, 结合治虫, 既经济, 效果又比基施好。如亩基施硼砂250克, 平均亩产大豆292.4斤, 比不施肥处理, 增产9.4%, 每克硼砂增产大豆0.1斤; 用100克硼砂花期喷施, 平均亩产大豆296斤, 比对照增产10.9%, 每克硼砂增产大豆0.3斤。统计分析表明, 硼肥基施, 叶面喷施, 增产均达显著水平。

水培表明: 介质中硼素含量与大豆产量呈正相关, $r=0.9733^{**}$, 直线回归方程为 $y=0.6+14.8x$, (x 浓度范围为0—0.38ppm 硼)。

多点试验表明: 大豆施硼平均增产14%以上。

缺硼土壤施硼, 主要促进了大豆生长, 增加了荚、粒数。硼叶面喷施、基施, 两种方法对大豆产量构成因子均有一定积极作用, 但喷施仍优于基施 (表6)。

缺硼条件下施硼, 能减少大豆种子褐斑率 (表7)。几种硼肥施用方法比较, 以喷硼效果较理想, 种子褐斑粒率平均8.2%, 磷肥与硼砂配合施用, 种子褐斑粒率平均为7.9%, 变量分析表明, 施硼处理均能显著地降低大豆种子褐斑率。

表 6 施硼方法对大豆产量构成因子影响
Table 2 The effect of boron application methods on yield factors of soybean

处 理 Treatments	株 高 Plant Height (cm)	单株荚数 Pods/plant	单株饱荚数 Feller Pods/ plant	单株粒数 No. of Seed/ plant	单株风干重 air-dry weight/ plant (g)
喷 硼 Spray boron	90.8	37.8	37.0	68.5	10.3
基 施 硼 pre-planting opplcation of boron	84.4	31.3	29.0	59.7	9.6
对 照 ck	79.9	30.8	29.8	55.2	9.8

表 7 硼对大豆种子褐斑率的影响
Table 7 Effect of boron on seed mottling of soybean

处 理 Treatments	喷 施 硼 Spray boron	基 施 硼 base boron	P ₂ O ₅ + B base	基 施 氮 base N	基 施 磷 base P ₂ O ₅	对 照 ck
褐斑粒率 (%) % of seeds with mottling	8.2	9.1	7.9	18.9	9.5	23.7
± %	15.5	14.6	15.8	4.8	14.2	—

参 考 文 献

[1] 吴兆明, 1979, 《中科院微量元素学术交流会议汇刊》(科学出版社) 1—22.
[2] 刘铮: 1979, 《中科院微量元素学术交流会议汇刊》(科学出版社) 56—63.
[3] 刘铮等: 1980, 《土壤学报》No. 3. 228—238.
[4] 朱洪: 1956, 《植物学报》No. 5.
[5] Richard, H. Fox: 1968, 《Soil science》106, 4, 434—439.
[6] Oertli, j. et al. 1969, 《Agron. J》61, 191.
[7] Boswell, F. C. et al: 1971, 《J. Agric. Food chem》19, 765—768.
[8] Martens, D. C. et al: 1974, 《Agron. J.》66, 82—84.
[9] Touchton, J. T. et al: 1975, 《Agron. J.》67, 417—420.
[10] Touchton, J. T. et al: 1975, 《Agron. J.》67, 577—578.
[11] Chakravarty. S. K. et al: 1979, 《Indian J. Agric. Sci.》49. (5). 382—383.
[12] John. M. Gerber: 1980, 《Soil science and plant Analysis》11. (5). 525—532.
[13] 山内益夫、德冈治子、小林美盛: 1976, 《日本土壤肥科学杂志》第47卷, 第2号, 49—57.
[14] 山内益夫: 1980, 《日本土壤肥科学杂志》第51卷, 第2号, 126—130.

STUDY ON THE BORON DEFICIENCY OF SOYBEAN

Wu Mingcai

*(Institute of Oil-bearing Crops, Chinese Academy
of Agricultural sciences)*

Abstract

Boron has been found deficient in soil of soybean producing area in Yengtse River and Yellow River valley plain. Soil boron concentration existed in the soil is less than 0.8 ppm and more than 70 percent of the soil in the area is deficient of boron. The soybean terminal buds died and distorted and young leaves become light green in a particular dry year. The symptom of boron deficiency on soybean grown in Hoagland nutrient solution and in field is quite similar. The deficiency is latent physiological deficiency. Boron deficiency in soybean can be corrected by foliar spray with borax. The results of the long-term fertilizer experiments conducted have shown that soybean yield can be increased about 10% by applying borax 3.75kg/hect. The physiological study of soybean boron has shown that boron deficiency promoted soybean respiration. Boron deficient leaves were 150 percent higher than normal leaves on respiration. The activities of succinic acid dehydrogenase, ascorbic acid oxidase and α -amylase increased accordingly as the respiration was promoted, but the activities of nitrogenase and nitrate reductase, decreased as much as five times less than that of the normal plants.